

УДК 336.72

Примостка О. О.

Примостка А. О.

Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана

## БАНКІВСЬКИЙ НАГЛЯД НА ОСНОВІ АГЕНТНО-ОРІЄНТОВАНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Досліджено можливість застосування агентно-орієнтованого моделювання як методу банківського нагляду. Вивчено можливості адаптації наглядовими органами своєї стратегії з метою підвищення ефективності банківського нагляду з тим, що вона більш ефективними в досягненні цілей нагляду. Досліджено та класифіковано автономних агентів за призначенням та характеристиками. Побудовано модель банківського нагляду на основі агентно-орієнтованого моделювання та проведено симуляційно-статистичні розрахунки, які проаналізовано.

**Ключові слова:** агентно-орієнтоване моделювання, моніторинг банків, наглядовий орган, ефективність нагляду, автономні агенти, схильність до порушення.

**Постановка проблеми.** Необхідність контролю діяльності комерційних банків зумовлена тим, що в умовах ринку йде жорстка конкурентна боротьба між банками, а це змушує їх дедалі підвищувати ризикованість своїх операцій, щоб задовольнити клієнта й отримати прибуток. Підвищення ризикованості банківських операцій робить діяльність банків небезпечною і може привести до загрози банкрутства. Роль банківського нагляду не зводиться лише до контролю чи накладення санкцій, а полягає в сприянні керівництву банку щодо визначення та вирішення наявних проблем. Отже, з метою досягнення ефективного управління та запобігання надмірних ризиків для банків встановлені обов'язкові пруденційні стандарти (правила). Дослідження з банківського нагляду часто фокусуються на вивченні показників достатності капіталу, кредитного, ринкового та операційного ризику, проте такий важливий аспект банківської діяльності як відносини між банками й наглядові органи є менш дослідженим. Але, зважаючи на вимоги до нагляду та необхідність пошуку нових методів аналізу ефективності банківського нагляду, доцільно звернути увагу на агентно-орієнтоване моделювання як метод нагляду.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз наявних наукових робіт з питань банківського нагляду висвітлені в працях Б. Адаміка [1], А. Єпіфанова [2], О. Любуна [3], В. Міщенко [4], В. Пасічника [5], В. Полякова [6] та ін. Проблема регулювання діяльності банків, визначення основних завдань і напрямів банківського нагляду та їх удосконалення вивчається достатньо широко. Проте в умовах загальносвітової фінансової нестабільності постійне вдосконалення системи банківського нагляду все ще залишається актуальним.

**Метою статті** є дослідження можливостей застосування агентно-орієнтованого моделювання як методу банківського нагляду та вивчити напрями адаптації наглядовим органом своєї стратегії для підвищення ефективності банківського нагляду.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Банки – це фінансові установи, що діють як посередники між тими економічними суб'єктами, які заощаджують кошти та тими, які потребують додаткового фінансування. Також банки відіграють важливу роль як центри здійснення розрахунків, реалізуючи операції розрахунково-касового обслуговування для різних економічних суб'єктів. У цілому банки в ринковій економіці відіграють ключову роль і їх безперербійне функціонування має важливе значення для фінансового сектора й економіки в цілому. «Велика Депресія» 1930-х років і глобальна фінансова криза

2007 року, а також інші банківські кризи показали, що нездатність системно важливих банків виконувати свої функції може мати руйнівні й довгострокові наслідки для економіки та суспільства в цілому. Особливу роль систематично важливих банків у забезпеченні економічної стабільності вже давно визнала більшість країн і почала застосовувати жорсткіші моніторингові заходи щодо контролю їх діяльності [7].

Цей моніторинг банків і їх бізнес-поведінки на практиці визначається як банківська справа-нагляд. Цілями банківського нагляду, зокрема, є захист вкладників і зниження системного ризику.

Базельський комітет з банківського нагляду є форумом для міжнародного співробітництва щодо банківського нагляду, який серед інших завдань, публікує документи, які, як правило, розглядаються як кращі практики у сфері банківського нагляду. Одна з найбільш важливих публікацій є «Основні принципи ефективного Банківського нагляду» [8]. Документ містить 25 принципів, якими повинні керуватися органи банківського нагляду, так щоб ефективно виконувати покладені на них функції. Проте, незважаючи на те, що вищезазначені принципи, як правило, приймаються в якості найкращої практики, остання глобальна фінансова криза показала, що їх реалізація не є простим завданням для центральних банків і що наявні відмінності в методах та шляхах реалізації принципів нагляду, які залежать від суб'єктивних факторів, зокрема, специфіки топ-менеджменту центральних банків країн [9]. З іншого боку, дослідження питання банківського нагляду й банківських систем у всьому світі підтвердило, що дерегулювання повноважень топ-менеджментом є не найкращою системою управління, що підтвердила остання глобальна фінансова криза [10].

При цьому виникає необхідність використання інноваційних методів для визначення ефективності банківського нагляду, зокрема, однією з методик може бути агентно-орієнтоване моделювання. Це дасть керівникам змогу адаптувати стратегії нагляду та знизити загальний рівень порушення в системі. Припущення про те, що різниця в схильності до порушення правил ґрунтується на фактах, що деякі правила є більш складними для виконання (для всіх банків), а також, що банки сприймають вигоду від реалізації деяких правил нижче від інших. Якби, дійсно, була б така різниця, й органи нагляду, на основі цього знання адаптували б свої стратегії нагляду, банки також прагнули б змінити свою стратегію, маючи менше стимулів порушувати правила, які нагля-

дові органи контролюватимуть, і більше стимулів порушувати інші правила. Таким чином, це знання може навіть збільшити загальну кількість відповідно до правил порушень у системі.

Агентно-орієнтоване моделювання є одним із напрямів розвитку мультиагентного підходу до моделювання складних систем (далі – МАС). Мультиагентний тип систем розвивався як частина розподілених систем штучного інтелекту. За цього підходу мультиагентна система представлена як сукупність кількох програмних агентів (автономних модулів), які взаємодіють між собою. Головною особливістю МАС є здатність до виконання значного обсягу робіт високої складності, які жоден агент автономно зробити не може. Розробка мультиагентних систем дала змогу суттєво спростити уявлення складних систем та врахувати в них можливі дії користувача. Мультиагентний підхід як один із напрямів розвитку парадигми об'єктно-орієнтованого програмування став ефективним засобом моделювання складних систем. Цей підхід передбачає послідовний перехід від команд до функцій, від функцій до об'єктів, від об'єктів до агентів. Для складних мультиагентних систем розробляються спеціальні методики проектування та реалізації на базі вже розроблених методик або поєднання кількох підходів в одній методиці [11].

У процесі розробки та проектування МАС використовуються різні методи моделювання складних систем, у тому числі й агентно-орієнтовані моделі. Агентно-орієнтовані моделі можуть реалізуватися як автономно, так і бути елементом (складником, модулем) мультиагентної системи управління (МАС). Розробка й проектування МАС є окремим напрямом мультиагентного підходу до моделювання складних систем. Хоча мультиагентний підхід виник у сфері комп'ютерних наук, сьогодні він застосовується в багатьох галузях, таких як: економіка, біологія, екологія, соціологія, управління підприємством, системи оборони, транспорт, логістика, графіка, фільмовиробництво, комп'ютерні ігри та ін.

Як вже зазначалося, в основу мультиагентного підходу до моделювання складних систем покладено поняття агента. Історію появи терміна «агент» досить складно відстежити. Вважається, що вперше це поняття використали Дж. Холланд і Дж. Міллер у роботі «Штучні адаптивні агенти в

економічній теорії» в 1991 році [12]. Однак на цей час єдиної думки щодо розуміння поняття «агент» не склалося. У широкому розумінні під агентом розуміють будь-яку сутність (автономний модуль, об'єкт, неподільну одиницю), здатну до саморозвитку, навчання, прийняття рішень, взаємодії. Вживаючи термін «агент», дослідники трактують його на власний розсуд, по-різному описують його властивості, використовують у різних сферах діяльності.

У загальному значенні термін «агент» походить від поняття «агенція», що означає процес наймання когось з метою дії на вимогу наймача [13, с. 341]. Незважаючи на різноманітність наявних поглядів, ключовою характеристикою агента, яка відрізняє його від інших понять, треба вважати неподільність у межах конкретної моделі чи системи. Агент взаємодіє між собою та із зовнішнім середовищем для виконання поставленого перед ними завдання. Залежно від предмета досліджень агенти можуть бути програмними, економічними, системними, апаратними, інтелектуальними, агентами штучного життя тощо (див. рис. 1) [14, с. 18].

Агенти відрізняються за своїм призначенням та характеристиками. Під програмним агентом розуміють програмний модуль, здатний діяти в інтересах досягнення цілей, поставлених перед ним іншим учасником системи: як користувачем, так і розробником, а також й іншим агентом. З поняттям програмного агента тісно пов'язане поняття інтелектуального агента. Існує думка, що «інтелектуальний агент – це комп'ютерна програма, яка дає користувачу змогу виконувати рутинні завдання» [13, с. 340]. Поняття програмних агентів зазвичай використовуються для проектування МАС.

У контексті АОМ під агентами розуміють неподільні сутності, які працюють, взаємодіють, розвиваються, навчаються, створюють цінності та обмінюються ними. У більш складних моделях штучного ринку під агентами розуміють, крім моделі поведінки агента, модель навчання (наприклад, такий підхід застосовано в моделі штучного фондового ринку Інституту Санта Фе). Отже, відповідно до призначення агента в це поняття може вкладатися різний зміст. Надалі, розглядаючи агентно-орієнтовані моделі, під поняттям «агент» будемо розуміти такий тип агентів, як агенти штучного життя.

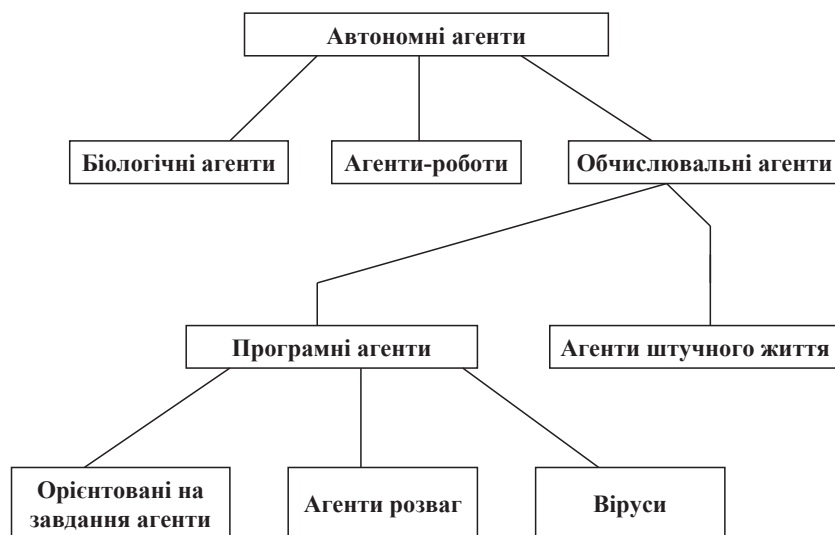


Рис. 1. Класифікація автономних агентів

Цілком очевидно, що результатом роботи агента мають бути кількісні чи якісні зміни зовнішнього щодо самого агента, середовища. Тобто кожен агент у результаті своєї роботи впливає на зовнішнє середовище чи саму систему. З огляду на характеристики раціональності результат роботи агента повинен мати критерій оцінювання для того, щоб агент міг самостійно оцінити результати діяльності та за можливості покращити їх чи змінити свою поведінку. Отже, кожен агент повинен мати результатом своєї роботи такі прояви, що можуть бути оцінені, інакше будь-які дії, що не мають зовнішнього прояву, можуть бути оцінені агентом як раціональні, в тому числі й не виконання жодних дій. Причому не виконання жодних дій у разі

відсутності результату буде сприйматись як оптимальна стратегія, оскільки за відсутності результату не витрачаються жодні зусилля.

З позицій автономності будь-який агент повинен реагувати на зміну зовнішнього середовища в межах своїх можливостей оцінки такої зміни. У загальному розумінні зовнішнім є середовище, в якому працює система в цілому. Але з позиції кожного окремого агента зовнішнім середовищем буде також й сама система, оскільки агент повинен реагувати як на зміни ззовні системи, так і на вагомості для нього зміни всередині системи. Також агент повинен взаємодіяти з іншими агентами системи. Отже, з погляду проектування агента немає сенсу в диференціації середовища на зовнішнє відносно системи та внутрішнє, якщо існує можливість впливати на систему за допомогою комунікаційних каналів, оскільки для підтримки своєї автономності агент повинен однаково адекватно реагувати на будь-які зміни, значущі для його роботи.

Таким чином, пропонуємо під зовнішнім середовищем агента розуміти все, що не включено до самого агента, тобто і систему (за винятком самого агента), і середовище, в якому ця система функціонує. За такого підходу агенти безпосередньо впливають на зовнішнє середовище, або безпосередньо змінюючи середовище, в якому функціонує вся система, або впливаючи на систему за допомогою комунікативних засобів самої системи. Як наслідок, виникає питання диференціації між безпосередньою зміною середовища та повідомленням всередині системи. Але у разі введення в систему модулів, які відповідають за трансляцію запитів у термінах онтології системи у безпосередній вплив на середовище, різниця між зміною середовища та повідомленнями зникає. Такі модулі можуть існувати як окремо, так і як складові частини агента. Таким чином, кожен агент може впливати на систему через відомий всім агентам комунікативний канал системи в межах фізично відокремленої групи агентів.

Агентно-орієнтоване моделювання дає змогу побудувати модель, в якій багато суб'єктів (агентів) приймають автономні рішення і взаємодіють між собою. Поведінка на мікрорівні агентів не може бути безпосередньо використана для прогнозування великомасштабних результатів, це може привести до несподіваного результату на макрорівні [15]. Агенти мають такі характеристики:

1. Агент – це фізична особа, яка є ідентифікованим від інших агентів.

2. Кожен агент існує в середовищі, яке спільне з іншими агентами. Агент може взаємодіяти з докільками та з іншими агентами.

3. Агенти мають цілі та їх дії спрямовані на досягнення цих цілей.

4. Агенти приймають свої власні (самоврядні) рішення.

5. Агенти можуть навчатися й адаптувати свою поведінку, зважаючи на зміни в навколишньому середовищі, та в іншій поведінці агентів [16–17].

При цьому система банківського нагляду може бути описана через агентно-орієнтоване моделювання банків і наглядових органів як агенти, які взаємодіють один з одним.

Основним складником моделі є зв'язок між двома групами агентів – банками та наглядовими органами. Агенти приймають рішення самостійно, ґрунтуючись на власній фінансовій стратегії, банки можуть порушувати або дотримуватися кожного правила (банк може виконати одне правило, але порушувати інше), керівники можуть перевіряти виконання дотримання лише одного правила. Банки схильні порушувати одне правило (правило А), ніж інші (Правило Б), і керівники знають про цю тенденцію. Також банки самостійно приймають рішення про доцільність порушення або дотримання кожного правила. Оскільки всі банки різноманітні, кожен банк має різні вигравні матриці, які залежать від загальної корисності та ґрунтуються на відмінностях розмірів банків, складності бізнес-процесів і схильності до ризику. Пріоритетність співвідношення між вигравшами описується відповідно до стратегії кожного окремого банку, тобто перевага порушення правил А більше ніж втрати за порушення правила Б і визначається пропорційно фактору схильності до порушення. На основі порівняння пріоритетності порушення правил та схильності до порушення побудуємо модель банківського нагляду, що базується на принципах агентно-орієнтованого моделювання (див. рис. 2).

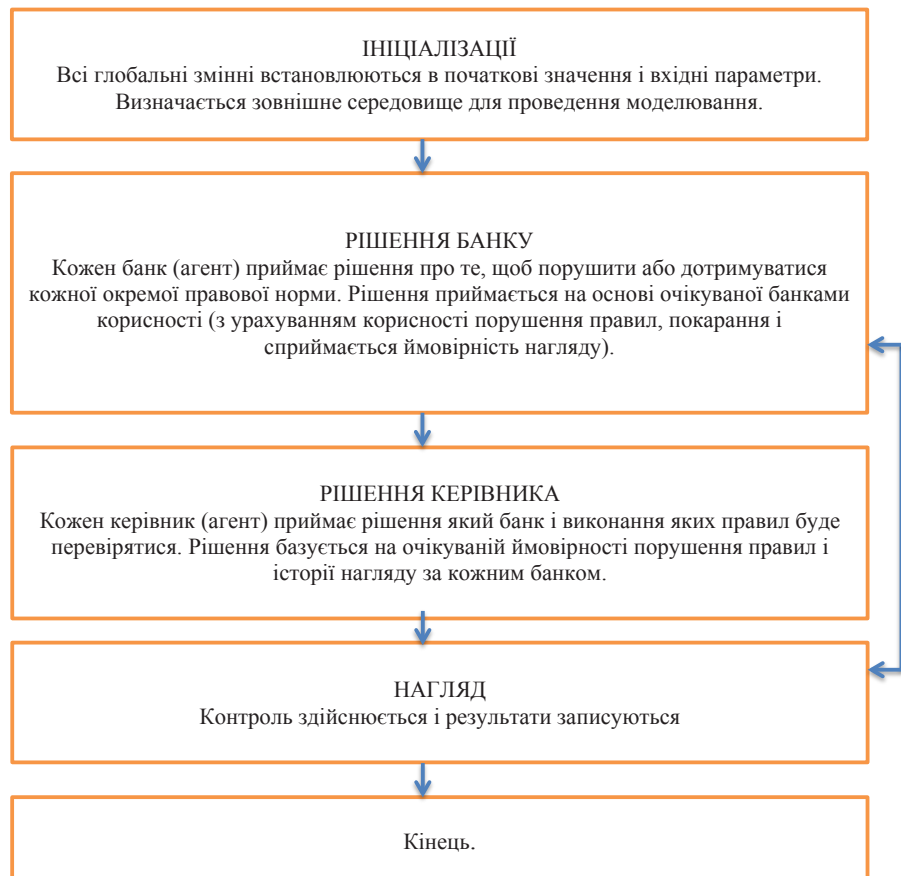


Рис. 2. Алгоритм моделі банківського нагляду



Наглядові органи мають обмежені ресурси й не можуть контролювати всі банки та всі правила. Але якщо вони здійснюють нагляд, то можуть і визначити порушення з повною упевненістю. Наглядові органи не знають точні виплати для кожного банку й приймають рішення, засновані на таких знаннях:

1. Банки мають більшу схильність порушувати правило А, ніж правило Б;

2. Наглядові органи знають, що банк порушує одне з правил лише тоді, коли здійснюється нагляд за цим банком і за дотримання ним правил.

3. Якщо керівники знають, що банк порушив деякі правила, вони передбачають, що ймовірність порушення правила в майбутньому буде вищою за стандартну.

4. Наглядові органи припускають, що банки, які не допускали порушень були поступливими.

На основі цих знань наглядові органи розраховують фактор ризику для кожної комбінації банк-правило й випадковим чином обирають (з рівномірним розподілом) банки та правила для перевірки. Таким чином, ймовірність вибору поєднання банк-правило з високою схильністю до ризику пропорційно вище, ніж вибору комбінації банк-правило з низькою схильністю до ризику. Банки знають, як наглядові органи приймають рішення і що наглядові органи не можуть контролювати всі банки й дотримання правил водночас. Проте через хаотичність вибору наглядовими органами об'єктів для перевірки, банки не можуть розраховувати порядок відбору, який буде використаний наглядовими органами й передбачити, які банки та правила будуть перевірятися. Якщо б банки могли знати, які правила вони можуть порушити без небезпеки бути спійманим, то адаптували б свої стратегії. У моделі агентно-орієнтованого моделювання як банки, так і наглядові органи вважаються нейтральними до ризику під час прийняття рішень. Зазначена модель має на меті імітацію реальності, але ця модель, багато в чому спрощує реальність, проте містить складності, пов'язані з вирішення конкретної реальної проблеми. Модель характеризується значною кількістю випадковостей, наприклад, різні виплати для кожного банку, створеного з деякою хаотичності, інформація про кожен банк є певною мірою неточною чи неповною, наглядові органи намагаються оцінити ймовірність порушення тощо (див. табл. 1).

Таблиця 1  
Вихідні дані для проведення симуляцій

| Параметр   | Кількість |
|--|-----------|
| Кількість банків   | 300       |
| Кількість органів, що здійснюють контроль                    | 100       |
| Важливість для банку є дотримуватися правила А чи правила Б? | 2         |
| Кількість витків на одну симуляцію                           | 100       |
| Кількість імітацій запуску                                   | 1 000     |

Так, один керівник може контролювати лише одне правило банку тобто в кожному повороті є

#### Список використаних джерел:

- Адамик Б. Національний банк і грошово-кредитна політика : [навч. посібник] / Б. Адамик. – Тернопіль : Карт-бланш, 2002. – 278 с.
- Єпіфанов А. Методологічні складові ефективного розвитку банківського сектору економіки України : [монографія] / А. Єпіфанов. – Суми : Університетська книга, 2006. – 417 с.
- Любунь О. Банківський нагляд : [підручник] / О. Любунь, К. Раєвський. – К. : Центр навчальної літератури, 2005. – 416 с.

600 потенційні супервізії і лише 100 з них реалізуються. Результати моделювання на основі статистичного аналізу (див. табл. 2) за допомогою зміни припущення, що керівники не знають про різницю між правилами А і Б відносно тенденції про недотримання, показали, що всі інші параметри рівні, стандартна помилка становить менше ніж 18% загальної кількості порушень (для правил А та Б), а Т-тест підтверджує статистичну значущість результату.

Таблиця 2  
Статистичний аналіз схильності до порушення

| Показник            | Невідомо              | Відомо   |
|---------------------|-----------------------|----------|
| Кількість елементів | 1000                  | 1000     |
| Середнє значення    | 2,735                 | 2,242    |
| Стандартна девіація | 397,4417              | 345,1481 |
| Стандартна помилка  | 16,646                |          |
| Т-тест              | 29,632, $p \ll 0,001$ |          |

Аналіз показує, що є різниця в схильності порушувати, тому наглядові органи повинні змінювати свою стратегію нагляду й бути більш ефективними без вкладення додаткових ресурсів, але модель не може бути у цей час повною мірою підтверджена емпірично через брак емпіричних даних [18].

**Висновок.** Представлена модель, розроблена на основі методу агентно-орієнтованого моделювання для опису та формалізації взаємодії між банками та органами банківського нагляду показала, що знання того, що банки більш схильні до порушення деяких правил, може допомогти контролерам адаптувати свою стратегію нагляду й бути більш ефективними в досягненні кінцевої мети, зокрема, зменшити кількість порушень правил.

Зважаючи на це, й надалі необхідні дослідження, спрямовані на перевірку та підтвердження відмінностей у схильності до порушення правил та визначення наявних тенденцій. Органи, що здійснюють контроль, повинні виявляти відмінності між регуляторними правилами, заснованими на різниці у схильності до порушень і відповідно адаптувати свою стратегію. Також дослідження відмінностей у схильності до порушень дав би змогу вибрати оптимальну стратегію нагляду.

Тим не менше, існують обмеження. Зокрема, пріоритетним підходом до банківського регулювання й нагляду на сьогодні є підхід на основі ризику, в якому іноді буває не так багато явних і чітких правил, але банки зобов'язані дотримуватись цих принципів і виконувати поставлені завдання. Таким чином, спостереження набуває форми діалогу між банками та керівниками, і визначення відповідності або невідповідності правилам стає непростим завданням. З іншого боку, правила іноді можуть бути складними для розуміння, здійснення або перевірки. Отже, проблемним є питанням, чи можуть такі правила бути якісною основою для раціонального управління банком. Представлена модель у майбутньому може включити й інші параметри, що не були враховані у цій ітерації з міркувань простоти.

4. Банківський нагляд : [навч. посібник] / [В. Міщенко, А. Яценюк, В. Коваленко, О. Коренева]. – К. : Знання, 2004. – 406 с.
5. Пасічник В. Банківський нагляд: правові засади та проблеми здійснення / В. Пасічник // Банківське право України / за заг. ред. А. Селіванова. – К. : Ін Юре, 2000. – 368 с.
6. Поляков В. Структура и функции центральных банков. Зарубежный опыт. / В. Поляков, Л. Московкина. – М. : ИНФРА-М, 1996. – 192 с.
7. Barth J. Rethinking Bank Regulation / J. Barth, G. Caprio, R. Levine // Till Angels Govern / Cambridge University Press. – New York ; USA, 2006. – 428 p.
8. Core Principles for Effective Banking Supervision / Basel Committee on Banking Supervision. – Basel ; Switzerland, 2006.
9. A dangerous embrace // The Economist : the Economist Newspaper Limited. – London ; UK, 2011.
10. Cioffi-Revilla C. A Methodology for Complex Social Simulations / C. Cioffi-Revilla // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. – 2010. – Vol. 13. – № 1.
11. Niazi M. Agent-based Computing from Multi-agent Systems to Agent-Based Models: A Visual Survey / M. Niazi, A. Hussain // Scientometrics (Springer)/ – 2011. – Vol. 89(2). – P. 479–499.
12. Holland J. Artificial Adaptive Agents in Economic Theory / J. Holland, J. Miller // American Economic Review. – 1991. – Vol. 81(2). – P. 365–370.
13. Ситник В. Інтелектуальний аналіз даних (дейтамайнінг) : [навч. посібник] / В. Ситник, М. Краснюк – К. : КНЕУ, 2007. – 376 с.
14. Гужва В. Мультиагентні системи : [навч. посібник] / В. Гужва. – К. : КНЕУ, 2011. – 504 с.
15. Smith E. Agent-Based Modeling: A New Approach for Theory Building in Social Psychology / E. Smith // Personality and Social Psychology Review. – 2007. – Vol. 11. – P. 87–104.
16. Macal C. Tutorial on agent-based modeling and simulation / C. Macal, M. North // Proceedings of the 37-th conference on Winter simulation. – USA, 2005.
17. Macal C. Tutorial on agent-based modeling and simulation part 2: how to model with agents / C. Macal, M. North // Proceedings of the 38-th conference on Winter simulation. – USA, 2006.
18. Smojver S. Analysis of Banking Supervision via Inspection Game and Agent-Based Modeling / S. Smojver // Central European Conference on Information and Intelligent Systems (September 19–21). – 2012. – P. 355–493.

**Примостка Е. А.**

**Примостка А. А.**

Киевский национальный экономический университет имени Вадима Гетьмана

## БАНКОВСКИЙ НАДЗОР НА ОСНОВЕ АГЕНТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

### Резюме

Исследована возможность применения агентно-ориентированного моделирования как метода банковского надзора. Изучены возможности адаптации надзорными органами своей стратегии с целью повышения эффективности банковского надзора. Исследованы и классифицированы автономные агенты по назначению и характеристикам. Построена модель банковского надзора на основе агентно-ориентированного моделирования и симуляционно-статистических расчетов.

**Ключевые слова:** агентно-ориентированное моделирование, мониторинг банков, надзорный орган, эффективность надзора, автономные агенты, склонность к нарушению.

**Prumostka O. O.**

**Prumostka A. O.**

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman

## BANK SUPERVISION BASED ON AGENT-BASED MODELLING

### Summary

Possibility of the use of agent-based modelling as a method of banking supervision is investigated. Studied the possibilities of adapting by supervisory authorities their strategy to improve the effectiveness of banking supervision, which is more effective in achieving the objectives of supervision. Autonomous agents are investigated and classified by purpose and characteristics. The model of banking supervision is conducted based on agent-based modelling and simulation and statistical calculations.

**Keywords:** agent-based modelling, banks monitoring, supervisory authority, effectiveness of supervision, autonomous agents, susceptibility to abuse.